句法结构和动词重复影响了汉语句子口语产生中的句法启动效应*

于 宙 张清芳

(中国人民大学心理学系，北京 100872)

摘要 研究中采用启动范式和图片描述任务，利用句法选择比率和句子产生潜伏期的两个指标，考察了启动句句法结构、动词是否相同和延时对汉语口语句子产生中句法启动效应的影响。结果发现在选择比率上，句法结构产生的启动效应随延时变化保持稳定，由启动句和目标句动词相同导致的启动效应的提高量(词汇增强效应)快速衰退，首次为句子产生过程的句法选择阶段和计划阶段提供了证据。在句子产生潜伏期上，仅发现启动句和目标句句法结构相同时缩短了句子产生潜伏期，这可能是由于启动句句法结构激活水平的提高，使得说话者在目标句产生的句法计划和选择阶段都更快引起的。选择阶段的加工影响句法选择比率，而选择阶段和计划阶段共同影响了句子产生的潜伏期，实验结果支持了两阶段竞争理论的观点。

关键词 句子产生；两阶段竞争理论；句法启动效应；词汇增强效应

1 前言

言语产生是指人们利用语言来表达思想的心理过程，包括从思想代码转换为言语代码再转换为生理和运动代码，即利用发音器官发出指代某种意义的声音(口语产生)或书写形式(书写产生)(杨群，张清芳, 2015)。句子产生包含 3 个阶段，首先是概念化(conceptualization)阶段，讲话者明确想要表达的信息并构建前言语信息水平的表征。第二是形式化阶段，讲话者将前言语水平的信息转发为言语形式的表征，这一加工过程中涉及到语法编码(grammatical encoding)和形态音位编码(morphophonological encoding)两个方面。

收稿日期: 2019-04-26

* 北京市社会科学基金重点项目(16YYA006)，国家自然科学基金面上项目(31471074)，中国人民大学科学研究基金项目(中央高校基本科研业务费专项) (18XNLG28)，中国人民大学心理系科学研究基金(中央高校基本科研业务费专项资金资助)项目资助

通信作者：张清芳， E-mail: qingfang.zhang@ruc.edu.cn

语法编码包括两个阶段，分别为功能加工和位置加工。在功能加工阶段，讲话者确定传达信息最恰当的词汇，分配给词汇具体语法角色和句法功能；在位置加工阶段，讲话者固定话语中不同成分的顺序，建立层级句法结构和最终的语序(Bock & Levelt, 1994; Levelt, Roelofs, & Meyer, 1999)。语法编码过程中讲话者提取语义和语法信息，通过特定的句法结构来表达特定的意义。在特定的句法结构中，词汇需要按照句法规则排列才能表达完整正确的意义，句法结构改变词序改变，所表达的意义往往也随之改变。因此，句子产生中的句法编码过程至关重要，本研究主要关注的是句子产生过程中语法编码过程的认知机制。

在关于句子口语产生语法编码过程的研究中，研究者采用启动范式一致地发现了句法启动效应(syntactic priming effect)，它指的是个体在描述一个场景时时，倾向于重复使用刚加工(阅读、听或产生)过句法结构的现象(Bock, 1986; 杨洁, 张亚旭, 2007)。在排除启动句和目标句语义重复(Bock, 1989)、韵律重复(Bock & Loebell, 1990)等因素后，句法启动效应仍稳定存在 (Segaert, Menenti, Weber, & Hagoort, 2011)。句法启动效应为探究句子产生中的句法编码过程以及句法结构的表征提供了途径，研究者一般以句法结构选择的比率或(和)句子产生的潜伏期为指标考察各个变量对句子产生中句法编码过程的影响。

早期研究采用句法结构选择的比率为指标。Bock (1986)采用启动范式考察了人们对句法结构的表征。实验中首先呈现一个句子(启动句)，要求被试倾听并重复，之后呈现图片要求被试描述图片所表达的内容。研究中变化启动句的句法结构，例如主动句和被动句，或者双宾语句(double object, DO)和介宾句(prepositional object, PO)等，被试从中选择任一句子结构均可正确描述目标图。通过比较在启动不同句法结构后被试描述图片时采用的句法结构的比率发现，无论启动句和目标图之间的名词词汇语义是否相关，被试均倾向于使用启动句的句法结构描述目标图。

采用书写同盟者脚本范式，研究者操纵了启动句句法结构(PO 和 DO)和动词是否与目标句相同，对荷兰语句子产生过程的研究发现动词相同时句子结构选择的比率(45%)显著高于动词不同条件(28%)(Hartsuiker, Bernolet, Schoonbaert, Speybroeck, & Vanderelst, 2008)，即出现了词汇增强效应，即启动句和目标句动词相同时选择启动句句法结构表达信息的比率会进一步提高。元分析也发现动词是否相同是句法启动量最重要的影响因素(Mahowald, James, Futrell, & Gibson, 2016)。上述发现表明相同的句法结构和动词都增强了表征句法结构的组合节点的激活水平，动词在句法结构的构建中起了重要作用。

1.1 句法启动效应的理论解释

针对句法结构选择比率上所出现的句法启动效应和词汇增强效应现象，研究者提出了剩余激活理论(Residual Activation Theory)(Pickering & Branigan, 1998)和内隐学习理论(Implicit Learning Theory)(Chang, Dell, & Bock, 2006)。

剩余激活理论假设加工特定句法结构后，表征相应句法结构的组合节点激活水平暂时升高；如果伴随启动句和目标句动词相同，那么组合节点的激活水平会进一步升高。组合节点激活水平越高，在随后的句子产生中该节点表征的句法结构越容易被选择；但激活会迅速衰退至基线水平(Branigan, Pickering, & Cleland, 1999)。剩余激活理论能够同时解释句法启动效应和词汇增强效应的产生，但预期这些效应会随着时间的延长发生衰退。相比而言，内隐学习理论假设对启动句的加工促使个体习得了应用这一句法结构表达信息的方式，增强了信息与结构之间的联结(Chang et al., 2006)，提高了在随后产生句子时使用这一结构的可能性，这种学习效应能够长期保持；这一理论认为句法编码过程所使用的具体词汇无关，动词相同不会影响句法启动效应量的大小(Chang, Dell, Bock, & Griffin, 2000)。采用图片描述范式，研究者对荷兰语中三类不同句法结构的研究发现，即使启动句和目标图之间间隔三个无关填充启动句—目标图对(六个无关干扰句，延时为 6)句法启动效应仍然显著(Bernolet, Collina, & Hartsuiker, 2016)，这为内隐学习理论提供了支持证据。纵观上述两个理论，可以发现二者各有侧重，但均不能解释句法启动在句法选择比率上的全部效应。

起初的研究主要关注的指标是句法结构选择的比率，最近研究者也开始重视对句子产生潜伏期的测量(Segaert, Wheeldon, & Hagoort, 2016)。句法启动有助于提高句子产生的流畅性，降低对认知资源的需求(Ferreira & Bock, 2006)，这会影响句子计划的时间，这表现在句子产生的潜伏期上。采用图片描述范式，Segaert 等(2011)考察了句法重复(基于启动句和产生的目标句句法结构是否重复创设的事后变量)、目标句句法结构以及动词是否相同对句子产生潜伏期的影响，结果发现句法重复和动词相同均缩短了句子产生的潜伏期，句法重复和目标结构之间存在交互作用，当产生主动句(偏好的句法结构：口语产生中使用较多的句法结构)时，句法重复带来的缩短量大于产生被动句(非偏好的句法结构)，表现为潜伏期上的正偏好效应(positive preference effect)。相比而言，在句法结构选择比率上则表现为逆偏好效应(inverse preference effect)，即当启动句为非偏好句法结构时，启动量大于启动句为偏好结构的条件(Bernolet & Hartsuiker, 2010; Ferreira & Bock, 2006)。

基于前述理论的不足和在句法选择和句子产生潜伏期上的不同效应(Segaert et al., 2011;

Segaert, Weber, Claddermicus, & Hagoort, 2014; Segaert et al., 2016)，研究者综合激活扩散理论和内隐学习理论的观点提出了两阶段竞争理论。这一理论认为句法编码过程包括了句法(结构)选择和(内容)计划阶段：选择阶段的任务是选定用以表达信息的句法结构，句法选择是从相互竞争的句法节点之中，选择激活水平达到选择阈限的句法结构节点。句法节点的基线激活水平与句子使用的频率呈正相关，使用频率是一个非常重要的影响因素；启动某一句法结构会即时地提高相应句法结构节点的激活水平，并抑制竞争节点的激活水平。如果启动的是经常使用的句法结构，会增加该节点与竞争节点之间激活水平的差异；根据激活扩散理论，具体动词和表征句法结构的节点相互联结，启动句和目标句的动词重复会进一步提高目标句法结构节点的激活水平。计划阶段的任务是构建具体要产生的句子，把具体的词汇填入选择阶段所形成的句法结构框架中(Levelt & Kelter, 1982)。句子产生的潜伏期包括了选择阶段和计划阶段，选择阶段的时间长短由句法结构节点之间激活水平的差异决定，差异越大选择用时越短。在计划阶段，启动句和目标句中的相同动词使得计划阶段中将具体词插入句法结构的过程加快，另一方面，句法结构层面和具体词汇激活层面之间的交互作用使得目标句的句法结构也更容易被选择，因此句法结构和动词是否重复及其交互作用共同影响了句子产生的潜伏期。

1.2 汉语句子产生过程的研究

目前，有关汉语句子产生中句法启动的研究较少，已有研究主要关注语义信息和句法编码之间的相互影响。例如，Cai 等(2012)采用同盟者脚本范式考察启动句和目标句的句子语义重复与句法结构之间的交互作用，以句法选择比率为指标，结果发现句法启动效应可以独立于句子整体所表达概念的重复而稳定存在。Huang 等(2016)以句法选择比率为指标考察汉语口语产生中启动句和目标句的词汇语义重复(以句中充当主语和宾语名词的生命性为指标)与句法结构之间的交互作用，结果发现无论词汇语义重复与否，均会出现句法启动效应。上述研究均未考察动词重复对句法编码过程的影响。

汉语句子的句法结构特点与印欧语系存在很大差异，这些可能会影响句子产生过程中的句法启动效应和词汇增强效应。第一，印欧语言的句子中的词序相对固定，其中所使用的动词有标记词性和状态的后缀。例如，呈现动词及其时态信息时，人们能够依据这些信息迅速构建特定的句子结构(Kutas & Federmeier, 2011)。相比来说，汉语句子中的词序相对自由，动词无标记词性和状态的后缀，句法结构受到语义的很大影响(Yang, Perfetti, & Liu, 2010；邵敬敏, 2004)。也就是说，对于动词及其时态与特定句法结构之间的联系，在印欧

语言比如英语中比较紧密，而在汉语中则相对比较松散。这可能会使得句法结构激活和动词所产生的激活及其交互作用对于句子产生结果的影响不同。第二，日常生活中人们对不同的句法结构使用的频率也不同。例如对于主动句和被动句这一对句子结构来说，英语和汉语中主动句的使用频率都高于被动句，但是英语中被动句的使用频率约为汉语的十倍(Xiao, Mcenery, & Qian, 2006)。对于英语中使用频率相对均衡的双宾语句和介宾句来说，汉语中介宾句的使用频率高于双宾语句，已有研究发现在无启动条件下产生双宾语句的比例约为 34.26%，介宾句约为 65.74%(Cai, Pickering, Yan, & Branigan, 2011)，而德语研究中发现无启动条件下产生了约 40%的介宾语句，60%的双宾语句，双宾语句的使用频率高于介宾句(Melinger & Dobel, 2005; Segaert et al., 2014)。在句子产生的研究中，研究者经常选用两个句子结构作为对比，比如主动句和被动句，双宾句和介宾句等。人们的句子产生过程是动态的，会受到所呈现启动句句法结构以及任务要求的影响。因此，在句法启动效应的研究中，所使用的两类句法结构在使用概率上的差异会对句子产生过程有影响，比如句法结构比率上的逆偏好效应，以及潜伏期上呈现出的正偏好效应。这是因为句法使用频率不同导致句法结构节点的激活程度不同引起的。汉语和其它语言中不同句子结构使用概率不同，而且两个特定的句法结构(如主动句与被动句相比，双宾句与介宾句相比)使用频率的差异不同，这会引起句法启动效应量的差异。

综上，本研究考察汉语口语产生中句法启动效应的认知机制，实验中操纵了启动句句法结构、动词是否相同和延时，利用句法选择比率和句子产生潜伏期两个指标，研究共包括两个实验：实验 1 考察句法结构和动词是否相同对句法启动效应的影响；实验 2 增加了延时这一自变量，主要目的是考察句法结构、动词是否相同以及延时长短及各个变量间的交互作用对句法启动效应持续时间的影响。根据内隐学习理论的观点，启动句的句法结构增强了信息和结构之间的联系，因此我们预期句法启动效应不会随着时间的延长出现衰退，动词重复不会增强句法启动效应，即不存在词汇增强效应。根据剩余激活理论的观点，启动句的句法结构和动词的重复都会增强相应节点的激活水平，因此我们预期句法启动效应和词汇增强效应会随时间的延长出现衰退。根据两阶段竞争理论，句法编码分为了句法选择和内容计划两个阶段以及激活水平需要达到“阈限”后即进行选择的观点，我们预期会发现句法启动效应，而且会表现在句法结构比率和潜伏期两类指标上；句法重复和动词相同会缩短句子产生的潜伏期。已有研究主要采用句法选择比率作为指标，而我们的研究中同时考察了上述各个变量及其交互作用对句法选择比率和句子产生的潜伏期的影

响。

2 实验 1：句法结构和动词是否相同对汉语口语产生中句法启动效应的影响

2.1 被试

25 名大学本科生和研究生(年龄 19~26 岁，男性 12 名)，平均受教育年限为 17.1 年。视力或矫正视力正常。所有被试均讲北方标准普通话。

2.2 材料与设计

实验材料包括关键实验材料和填充实验材料两部分，每部分均包含启动句、启动图和目标图。关键实验材料中我们选用 20 个动词构建了 80 组启动句，每组均包括表 1 中的 a、b、c、d 四种类型，伴有相应的 80 幅关键目标图。关键目标图由三个可命名为名词的小图片组成，主语位于左边并框出，动词位于目标图下方。两个宾语中一个有生命，一个无生命。一半目标图有生命的宾语在中间，一半无生命在中间。为了控制词频、描述难度等因素，每幅关键目标图也充当一次启动图，充当启动图时图片下方无动词。启动句和启动图一致不一致各半，启动句和目标图中名词均不相同。为考察无启动条件下目标句产生时的句法偏好，设置基线启动条件。基线启动句是 16 个不及物句(示例见表 1 中 e)，基线启动图仅含一个小图片。

填充材料中，填充启动句是包含两个名词的主动句，填充目标图包含两个小图片，其中左边方框里的是主语，右边是宾语。全部材料构建五个伪随机序列，每个序列中任一关键目标图仅伴随一种启动条件出现一次，所有序列的基线启动材料相同。关键试次之间插入 0~2 个填充试次，五个序列中的填充材料相同。每个被试随机分配一个序列，在五种启动条件下分别产生 16 个句子，共计完成 80 个关键试次和 80 个填充试次。

实验采用 2 × 2 被试内设计。自变量包括启动句法结构类型(简称为“启动类型”，包含 DO 启动和 PO 启动两个水平)和动词是否相同(相同与不同)。因变量分别是句法选择比率和句子产生潜伏期。

表 1 实验关键材料示例

启动句	目标图
a：PO 同：法官送了上衣给裁缝	
b：DO 同：法官送给了裁缝上衣	
c：PO 异：法官拿了上衣给裁缝	
d：DO 异：法官拿给了裁缝上衣	送
e：基线：葡萄熟了	

2. 3 程序

实验过程包括学习阶段，练习阶段和正式实验。学习阶段要求被试学习每一幅小图片及下方对应名称，记住后按键学习下一幅。被试自行决定重学次数，确保记住全部图片名。正式实验前为练习阶段，练习阶段与正式实验程序一致材料不同，直到被试报告熟悉实验程序练习结束。

正式实验中，首先要求被试大声读出屏幕中央的启动句，然后呈现启动图，被试的任务是判断启动图是否与启动句相同。接下来呈现目标图，要求被试用图片下方的动词描述图片(实验流程见图 1)。从目标图呈现到被试开始说话之间的时长记为句子产生潜伏期。

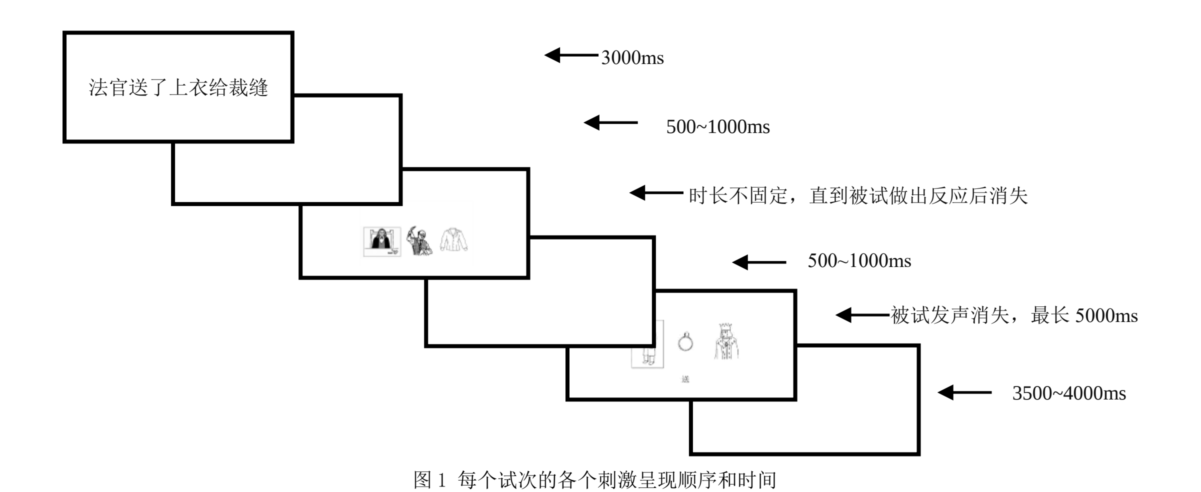


图 1 每个试次的各个刺激呈现顺序和时间

2. 4 仪器

采用 E–Prime2.0 编写程序，其 soundIN 控件可在录音的同时记录从图片呈现到句子产生开始的时间。实验中使用两个话筒分别记录反应时和录音，反应时记录采用 PET–SRBOX 反应盒以及与之联系的话筒，录音设备包括雅马哈 Steinberg CI1 声卡和舒尔

SM58S 话筒。所有实验材料的呈现、计时及反应时的收集均由计算机控制。

2.5 结果

2.5.1 编码

在句法选择部分的分析中剔除未产生句子(无录音)、启动项判断错误、图片描述错误、以及动词使用错误的数据 96 个(4.8%)。对被试产生的句子进行编码，将“主语+动词+名词+介词(给)+名词”的句子编码为 PO(1156 个)，将“主语+动词+两个连续名词”的句子编码为 DO(614 个)，其余句子编码为其他反应(110 个)，占产生全部句子的 5.85%。在后续分析中排除其他反应。在句子产生潜伏期部分剔除未记录到反应时、反应时在 400ms 以下、以及正负两个标准差以外的数据，额外剔除 120 个(6%)。

2.5.2 句法选择比率分析

图 2 呈现了每种启动条件下被试产生各类反应的比率。在基线条件下，被试产生 PO 的比率(74%)多于产生 DO 的比率(26%)($\chi^2 = 82.76$，$p < 0.001$)，表明本实验中被试更偏好产生 PO 结构的句子。

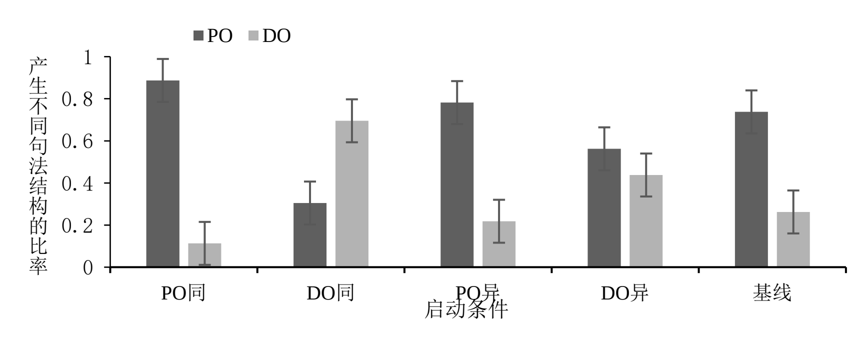


图2 不同启动条件下产生不同句法结构的比例

结合被试内设计的数据特点(Hardy, Messenger, & Maylor, 2017)和犯 I 类错误可能性低的优点(Barr, Levy, Scheepers, & Tily, 2013)，选用同时考虑被试和项目带来随机效应的线性混合效应模型(linear mixed–effects models，简称 LMEM)(Jaeger, 2008)进行分析。具体分析中选用最大化随机效应模型(maximal random effects model)(Barr et al., 2013)，同时将被试和项目对固定因子(fixed factor)截距(随机截距)和斜率的调整量(随机斜率)纳入分析，假设固定因子在每个被试和每个项目上的基线水平和效应均不同。

本研究是被试内项目间设计，按照 Barr 等(2013)的观点，将被试的随机效应(包含随机截距和随机斜率)和项目的随机截距作为随机因子纳入模型，固定因子为启动类型和动词是否相同及其交互作用。因变量是句法选择(DO=1；PO=0)，为类别变量，使用 R 软件中

lme4 程序包(Bates, Mächler, Bolker, & Walker, 2014)的 glmer()公式分析数据。按照 Barr 等(2013)的“最佳路径”，逐步简化随机效应直到模型收敛。结果表明最优拟合模型包含全部固定因子，以及启动类型和动词是否相同及其交互作用对项目的随机截距和对被试的随机效应。

最优拟合模型的固定因子系数见表 2。启动类型主效应显著，被试在 PO 启动下产生了 16%的 DO，在 DO 启动下出现了 58%的 DO。按照 Hardy 等(2017)的句法启动量计算方法：DO 启动下产生 DO 的比率减去 PO 启动下产生 DO 的比率等于整体句法启动量，结果表明整体句法启动量是 42%。相对于基线 DO 启动的启动量(32%)大于 PO 启动的启动量(10%)，出现了逆偏好效应。动词是否相同主效应显著，动词相同条件下出现了 41%的 DO，而在动词不同条件下出现了 33%的 DO。启动类型和动词是否相同之间存在显著的交互作用，当动词相同时句法启动量为 59%，而动词不相同时句法启动量为 24%。

表 2 实验 1 以句法选择比率为因变量的 LMEM 的固定效应

自变量	β	*SE*	Wald *Z*	*p*
截距	–9.20	1.27	–7.25	<0.001
动词是否相同	2.66	0.49	5.38	<0.001
启动类型	5.93	0.86	6.91	<0.001
动词是否相同*启动类型	–2.02	0.29	–6.88	<0.001

2.5.3 句子产生潜伏期分析

在潜伏期的分析中我们增加了一个事后变量：启动句和目标句句法结构是否重复(简称“句法重复”)。如果该变量的效应显著，则说明是由于启动类型和产生类型之间的关系预测了句子产生潜伏期。由于句子产生潜伏期是连续变量，应用 R 中 lme4 程序包的 lmer()公式分析数据。为了探究动词是否相同和句法重复对句子产生潜伏期的影响，将二者及其交互作用作为固定因子纳入分析，构建五个模型。其中模型 0 为零模型，模型 1 为仅有结构是否重复作为固定因子的模型，模型 2 的固定因子仅有动词是否相同，模型 3 固定因子分别是结构是否重复和动词是否相同。模型 4 的固定因子分别是结构是否重复，动词是否相同及其交互作用。五个模型均可收敛，按照简洁性和 AIC 值低等原则，确定模型 1 为最优模型(似然比测验：χ^2= 19.68，$p < 0.001$)，句法是否重复的主效应显著($\beta = 59.83$，SE = 16.18，$t = 3.70$，$p = 0.007$)，表明当句法重复时句子产生潜伏期更短；动词是否相同并未显著影响句子产生潜伏期。

2.6 讨论

实验 1 采用图片描述范式，考察了启动类型和动词是否相同对句子产生中句法选择比率和句子产生潜伏期的影响。结果发现，启动句和目标句句法相同时，目标句的产生潜伏期会显著地缩短；在句法选择比率上出现了稳定的句法启动效应，当启动句和目标句的动词不同时由句法结构导致的句法启动效应显著，被试在目标句产生时选用启动句句法结构的比率显著上升，当动词相同时被试选用启动句句法结构的比率在句法启动效应的基础上进一步增加，出现了词汇增强效应。实验 1 的结果并不能区分由句法结构导致的句法启动效应是由于对启动句句法结构记忆表征的短时激活，或是由于内隐地习得了用启动句句法结构表达信息的方式，实验 2 对此问题做进一步考察。

3 实验 2 动词是否相同和延时对句法启动效应的影响

实验 2 中增加了一个变量，变化了启动句和目标句之间的时间间隔长短。当动词不同时如果句法启动量不受延时影响，则表明句法结构在稳定地起作用，支持内隐学习理论的观点；如果句法启动量随着延时增加而降低，则表明句法节点的激活迅速衰退，支持剩余激活理论。相比来说，动词相同时如果句法启动量不增加，则表明句法结构所产生的启动量不受词汇节点激活的影响，支持内隐学习理论；如果句法启动量随延时增加而迅速衰退，则支持剩余激活理论。

3.1 被试

39 名大学本科生和研究生，年龄 17~28 岁，男生 18 名。视力或矫正视力正常。所有被试均讲标准普通话。

3.2 材料与设计

关键实验材料从实验 1 的材料中选取 78 组。基线启动材料从实验 1 中选取 6 项。填充材料与实验 1 中材料一致。所有材料共构建 13 个伪随机序列，每个序列中每幅关键目标图仅有一种启动条件与之配对呈现。实验采用组块设计(block design)，四个启动项—目标图对组成一个组块，每个序列包含 78 个组块，组块之间无填充试次。每个组块中第一个句子是启动句，基于延时间隔中句子个数的不同，关键目标图出现在每个组块的不同延时位置：延时 0，关键目标图紧随启动项出现；延时 2，关键目标图与启动项之间间隔一个填充目标图一个填充启动项；延时 6，组块末尾的目标图是关键目标图。

实验采用 2 × 2 × 3 被试内设计。自变量包括启动类型(DO 和 PO)、动词是否相同(相

同与不同)和延时(0，2 和 6)。因变量是句法选择的比率和句子产生潜伏期。启动条件包含基线启动条件在内共计 13 种。

3.3 程序与仪器

与实验 1 相同。

3.4 结果

3.4.1 编码

数据剔除和编码规则与实验 1 一致，在句法选择部分，共剔除 310 个数据(10.19%)。被试共计产生了 1554 个 PO 和 1047 个 DO 结构的目标句，其他反应 131 个，后续分析排除了其他反应。句子产生潜伏期部分，额外剔除 148 个数据。

3.4.2 句法选择比率分析

表 3 实验 2 不同启动条件下产生 DO 的比率

启动条件	延时 0		延时 2		延时 6	
	动词同	动词异	动词同	动词异	动词同	动词异
DO	0.72	0.38	0.50	0.42	0.39	0.39
PO	0.25	0.38	0.39	0.39	0.39	0.37

表 3 展示了每种启动条件下，被试产生各类反应的比率。与实验 1 的分析思路一致，采用 LEME 分析类别数据。固定因子包括启动类型(DO/PO)、动词是否相同和延时(0/2/6)及各个变量之间的二重和三重交互作用，同时将被试的随机效应和项目的随机截距纳入模型。最优拟合模型结果见表 4。

表 4 实验 2 以句法选择为因变量的 LEME 的固定效应

自变量	β	*SE*	Wald *Z*	*p*
截距	–4.79	0.67	–7.13	<0.001
动词是否相同	1.45	0.33	4.34	<0.001
启动类型	3.25	0.34	9.54	<0.001
延时	0.85	0.19	4.56	<0.001
动词是否相同*延时	– 0.36	0.11	– 3.18	0.001
延时*启动类型	–0.64	0.11	–5.75	<0.001
启动类型*动词是否相同	–1.18	0.15	–7.72	<0.001
动词是否相同*延时*启动类型	0.26	0.06	4.03	<0.001

启动类型，延时和动词是否相同之间的交互作用显著，为进一步探索交互作用的具体模式，分析词汇增强效应和句法启动效应的持续时间，按照动词是否相同分别估计两个独立的模型。每个模型均包含延时、启动类型，及其交互作用作为固定因子。当动词相同时，启动类型和延时的交互作用显著(β = − 2.98, p < 0.001)，结果表明句法启动效应受延时的影响，词汇增强效应随延时增加显著降低。当动词不同时，仅有启动类型和延时的交互作用不显著(β = − 0.28, p =0.47)，说明当动词不同时，句法启动效应不受延时影响，由启动句句法结构导致的启动效应不随延时增加降低。

为了更为直观的展示词汇增强效应(动词相同与不同相比)和来自句法结构的句法启动效应(动词不同时启动类型 DO 和 PO 对比)随时间变化的趋势，以延时加一的对数转换为横坐标，分别绘制动词相同与不同所产生 DO 结构句子的比率(纵坐标)(见图 3)。图中阴影部分表示的是拟合曲线的置信区间，与传统的平均值图相比，这样可以描绘随延时增加句法选择比率的连续变化。

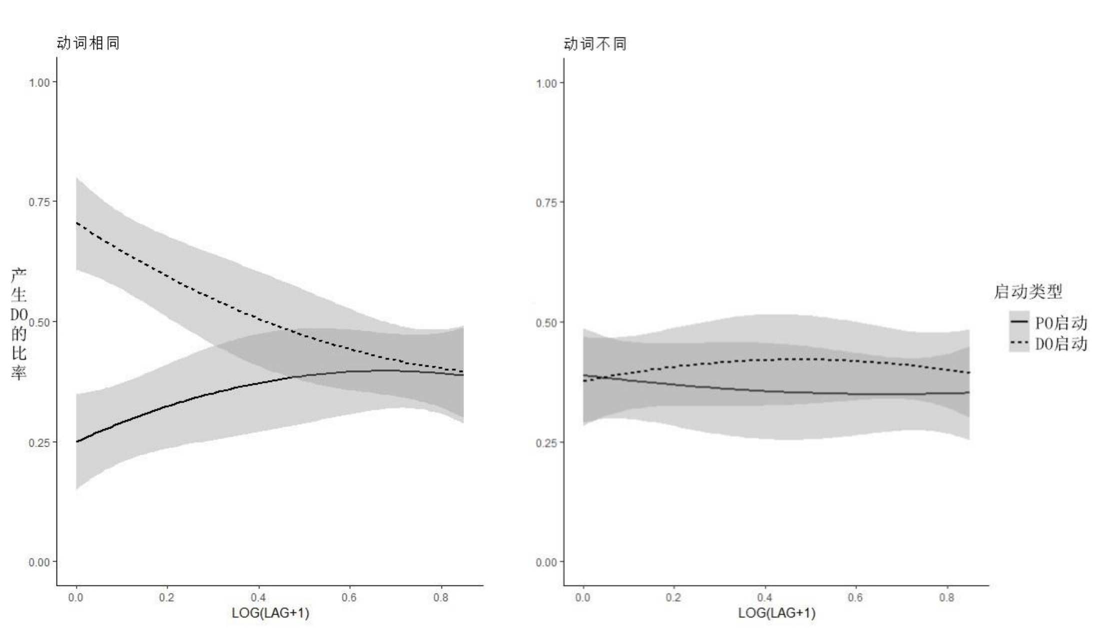


图 3 词汇增强效应和句法启动效应随延时变化的趋势

3.4.3 句子产生潜伏期分析

在句子产生潜伏期的分析与实验 1 类似，我们增加了句法重复这一事后变量。模型的随机效应包括产生类型在被试上的随机斜率和随机截距，项目上的随机效应仅包含随机截距，固定因子包括句法重复、延时、动词是否相同，及其各自的交互作用(最优拟合模型结果见表 5)。结果发现句法重复，延时和动词是否相同出现了三者交互，表明延时和动词是否相同的不同组合，会影响句法重复对句子产生潜伏期的影响。

表 5 实验 2 以句子产生潜伏期为因变量的混合效应模型的固定效应

自变量	β	*SE*	*df*	*t*	*p*
截距	1592.71	239.89	461.20	6.64	<0.001
句法重复	251.57	146.69	424.20	1.72	0.09
延时	167.77	63.52	424.20	2.64	0.009
动词是否相同	277.90	146.69	424.20	1.89	0.06
句法重复*延时	-98.51	40.17	424.20	-2.45	0.01
句法重复*动词是否相同	-180.27	92.78	424.20	-1.94	0.05
延时*动词是否相同	-109.35	40.17	424.20	-2.72	0.007
句法重复*延时*动词是否相同	69.72	25.41	424.20	2.74	0.006

为具体分析三重交互，把数据按照句法重复与否分成两部分，分别估计两个独立的模型，每个模型的固定因子均包括延时、动词是否相同及其交互作用。当目标句和启动句句法相同时，延时的主效应显著(β=69.26，*p*=0.01)，表明当句法重复时延时越长，句子产生潜伏期越长；延时和动词是否相同的交互作用显著(β=-39.63，*p*=0.03)，进一步分析发现当动词相同时，延时越长，句子产生潜伏期越长(β=-29.63，*p*=0.02)，但当动词不同时，句子产生潜伏期不随延时变化而变化(*p*=0.43)。当目标句和启动句句法不同时，各固定因子主效应及交互作用均不显著。图 4 展示在句法重复和不重复的情况下，延时和动词是否相同之间的交互作用。

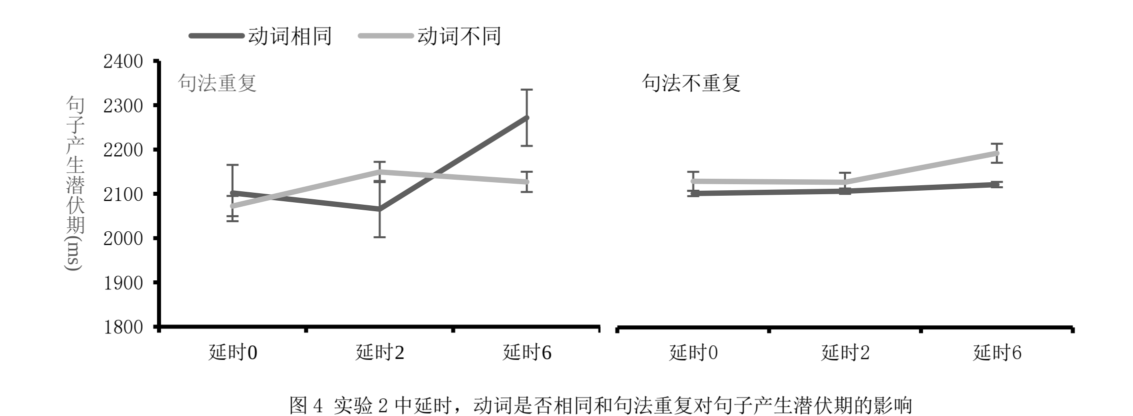


图 4 实验 2 中延时，动词是否相同和句法重复对句子产生潜伏期的影响

4 总讨论

采用图片描述任务，以句法结构选择的比率和句子产生潜伏期为指标，我们考察了汉语口语产生中启动句子的结构类型、动词是否相同和延时对句法编码过程的影响。两个实

验都一致地发现了汉语口语产生中存在稳定的句法启动效应。在句法结构选择比率上，讲话者在目标句产生时选用启动句句法结构的比率显著上升，且当启动句为人们日常中相对使用概率较低的句法结构时，目标句选择同一结构进行表达的比率增加得更多，出现了逆偏好效应。当启动句和目标句的动词相同时，被试在目标句中选用启动句句法结构的比率增加得更多，发现了句法编码过程中的词汇增强效应。延时和动词是否相同之间存在显著的交互作用：启动句和目标句的动词不同时，随着延时的增加，句法结构选择的比率并未发生显著变化；但当动词相同时，随着延时的增加，动词结构的比率出现了显著的减少，即动词相同导致的词汇增强效应会迅速地发生衰退，最后选择的句法结构比率与动词不同条件下相当。在目标句产生的潜伏期上，启动句和目标句句法结构相同时，潜伏期会显著地缩短；目标句与启动句结构相同时，如果动词相同，随着延时的增加句子产生的潜伏期变长，而动词不同时，其潜伏期不随延时的增加发生显著变化。我们首次在延时对潜伏期的影响中发现了词汇抑制效应。上述结果表明，由句法结构相同所引发的句法结构比率上的结果是十分稳定的，一般都能保持较长的时间，相比而言，由动词相同所引发的句法选择比率上表现出的词汇增强效应持续的时间较短。这表明句子的整体句法结构和句子局部的内容词在句法编码过程中所起的作用是不同的。

句法启动效应来自两个变量的影响：句法结构和动词是否相同。我们的研究发现来自于句法结构方面的句法启动效应是稳定的且存在逆偏好效应，这为内隐学习理论提供了支持证据。内隐学习理论认为对启动句的加工使得说话者激活了一个特定的句法结构，当产生一个新句子时，若其可以用多种句法结构表达，人们倾向于使用启动句的句法结构(Chang et al., 2006)。同时，启动句是使用概率较低的句法结构时，其启动量大于使用概率较高的句法结构，出现逆偏好效应(Chang et al., 2006)。按照 Hardy 等(2017)方法重新计算 Huang 等(2016)实验一的数据发现，在汉语口语句子产生中即使偏好程度差异较小的 DO 和 PO 结构，也发现了 DO 的启动量高于 PO 的逆偏好效应，我们的研究结果与此一致。这一部分的句法启动效应是来自于人们长期使用类似句法结构引起的。

相比而言，来自于动词是否相同所产生的句法启动效应持续时间较短，支持了剩余激活理论中的观点。剩余激活理论(Pickering & Branigan, 1998)认为由于对启动句句法结构记忆表征的短期激活，导致了在目标句产生时选用启动句句法结构比率的上升，当启动句和目标句的动词一致，会进一步提高表征启动句句法结构的组合节点的激活水平；激活水平越高，该节点表征的句法结构在句子产生中越容易被选择。这表明句子中具体词汇的激活

是很快就会消失的，但其激活可以传递至组合节点，促进句子产生过程中句法结构的构建以及将具体的词汇插入到已经构建好的句法结构中。注意，剩余激活理论认为来自于句法结构相同的启动效应也会很快消失，我们所发现的结果不支持剩余激活理论的这一假设。

综合来讲，本研究中所发现的句法结构和动词是否相同对句法启动效应的影响随着延时呈现出不同模式。两阶段竞争理论(Segaert et al., 2011; Segaert et al., 2014; Segaert et al., 2016)从句法选择和计划两个阶段解释句子产生中的句法启动效应。在选择阶段，加工启动句激活了相应的句法结构，为目标句提供了句子产生的结构框架，改变了相互竞争的句法结构的激活，并选择与启动句相同的句法结构构建目标句。这一过程类似于 Bock 和 Levelt(1994)模型中的功能加工阶段，说话者根据所呈现的客体构成的整体情境构建句子的框架，在行为指标上表现为与基线条件相比句法选择比率的改变。在句子产生的具体计划阶段，说话者将相应的各个具体内容插入到已经构建好的句法框架中，与 Bock 和 Levelt(1994)模型中的位置加工阶段类似。来自句法结构和动词是否相同这两个方面的句法启动效应为句法选择阶段和句法计划阶段提供了支持证据。因此，句子产生中的句法启动效应是一个长期使用句法结构和短期词汇激活共同作用的结果。

根据两阶段竞争理论的观点，实验中所使用的两个句法结构节点的激活水平与其使用频率及其频率的差异有关。一方面，两个句法结构之间使用频率的差异越大，其相应的句法结构节点的激活水平差异越大；另一方面，一对句法结构的对比中平常使用较少的句法结构受到一致结构的启动时会产生较大的启动效应量，表现为逆偏好效应。根据已有的研究结果，在比较介宾句和双宾句这一对句法结构时，在无启动条件下，汉语中介宾句的使用概率高于双宾句大约 31.48%(Cai et al., 2011)，双宾句是汉语中的非偏好结构，而在德语中是双宾句的使用概率高于介宾句大约 20%，介宾句是德语中的非偏好结构(Segaert et al., 2014)。我们的研究发现了双宾句的逆偏好效应，而在德语中发现了介宾句的逆偏好效应(Segaert et al., 2014)，这些实验发现综合起来为两阶段竞争理论有关句法结构节点的激活假设提供了支持证据。

已发现的汉语句法启动效应主要采用句法选择比率这一指标来衡量。本研究中首次采用了潜伏期这一指标，发现单独的句法重复或单独的动词相同均未产生潜伏期上的差异，只有两个因素共同作用才能对潜伏期产生显著的影响。对于句法选择比率，仅有其中一个自变量的作用就可以产生显著的影响，两者共同作用下比率的变化更大。印欧语系的研究结果与汉语一致。Segaert 等(2016)采用图片描述范式，要求被试用荷兰语描述图片内容，

将启动句句法结构(主动和被动)、整个实验过程中产生的被动句比率和动词是否相同作为自变量纳入研究，结果发现只有产生被动句时，句法重复和动词相同共同作用才能缩短句子产生潜伏期。此外，我们发现在选择比率上出现了逆偏好效应。在两阶段理论框架中，潜伏期和句法选择比率反映了句法编码过程中不同的方面。潜伏期反映的是句法选择阶段和计划阶段共同用时的长短，经常使用的句法结构在计划和填入内容时都比较快，会表现出正偏好效应(Segaert et al., 2016)，而选择比率反映的是对句子整体结构的选择结果(选择阶段)，使用次数较少的句法结构作为启动句时，则会产生较大的启动效应，表现出逆偏好效应(Bernolet & Hartsuiker, 2010)。本研究在句法结构上发现了逆偏好效应，而在潜伏期上未发现正偏好效应。已有发现正偏好效应的句子结构为主动句和被动句，本研究中选用的句法结构为 DO 和 PO 句，Seagart 等(2014)在德语中利用 DO 和 PO 两种句法结构也未发现潜伏期上的差异，我们认为潜伏期上的差异与对比的两类结构的使用频率差异存在密切联系，使用频率存在较大差异的两类结构句容易出现潜伏期上的差异，而使用频率较为接近的两类结构句潜伏期差异较小。另一方面，根据本研究结果，我们认为句法比率主要受选择阶段的影响，而潜伏期上的差异则同时受选择阶段和计划阶段的影响，所包含的加工过程越多，更不容易探测到不同条件下的差异。

5 结论

本研究首次综合使用句法结构选择比率和潜伏期两个指标，考察了句法结构、动词是否相同以及延时因素是如何共同影响了汉语句子产生过程中句法启动效应的发生机制。结果发现来自于句法结构相同所产生的启动效应是稳定的不会很快消失，而来自于动词相同所产生的句法启动效应是短暂的会很快衰退，表明句子产生中包括句法选择阶段和句子计划阶段；选择阶段的加工影响句法比率，而选择阶段和计划阶段共同影响了句子产生的潜伏期，支持了两阶段理论的观点。

参考文献

Barr, D. J., Levy, R., Scheepers, C., & Tily, H. J. (2013). Random effects structure for confirmatory hypothesis testing: Keep it maximal. *Journal of Memory and Language, 68*(3), 255–278.

Bates, D., Mächler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2014). Fitting linear mixed–effects models using lme4. *arXiv preprint arXiv:1406.5823*.

Bernolet, S., & Hartsuiker, R. J. (2010). Does verb bias modulate syntactic priming? *Cognition, 114*(3), 455–461.

Bernolet, S., Collina, S., & Hartsuiker, R. J. (2016). The persistence of syntactic priming revisited. *Journal of Memory and Language, 91*, 99-116.

Bock, K. (1986). Syntactic persistence in language production. *Cognitive Psychology, 18*(3), 355–387.

Bock, K. (1989). Closed–class immanence in sentence production. *Cognition, 31*(2), 163–186.

Bock, K., & Levelt, W. J. M. (1994). Language production: Grammatical encoding. In: Gernsbacher, M. (Ed.), Handbook of Psycholinguistics, San Diego: Academic Press, 945–984.

Bock, K., & Loebell, H. (1990). Framing sentences. *Cognition, 35*(1), 1–39.

Branigan, H. P., Pickering, M. J., & Cleland, A. A. (1999). Syntactic priming in written production: Evidence for rapid decay. *Psychonomic Bulletin & Review, 6*(4), 635–640.

Cai, Z. G., Pickering, M. J., Yan, H., & Branigan, H. P. (2011). Lexical and syntactic representations in closely related languages: Evidence from Cantonese–Mandarin bilinguals. *Journal of Memory and Language, 65*(4), 431–445.

Cai, Z. G., Pickering, M. J., & Branigan, H. P. (2012). Mapping concepts to syntax: Evidence from structural priming in Mandarin Chinese. *Journal of Memory and Language, 66*(4), 833–849.

Chang, F., Dell, G. S., & Bock, K. (2006). Becoming syntactic. *Psychological Review, 113*(2), 234–272.

Chang, F., Dell, G. S., Bock, K., & Griffin, Z. M. (2000). Structural priming as implicit learning: A comparison of models of sentence production. *Journal of Psycholinguistic Research, 29*(2), 217–229.

Ferreira, V. S., & Bock, K. (2006). The functions of structural priming. *Language, Cognition and Neuroscience, 21*(7–8), 1011–1029.

Hardy, S. M., Messenger, K., & Maylor, E. A. (2017). Aging and syntactic representations: Evidence of preserved syntactic priming and lexical boost. *Psychology and Aging, 32*(6), 588–596.

Hartsuiker, R. J., Bernolet, S., Schoonbaert, S., Speybroeck, S., & Vanderelst, D. (2008). Syntactic priming persists while the lexical boost decays: Evidence from written and spoken dialogue. *Journal of Memory and Language, 58*(2), 214–238.

Huang, J., Pickering, M. J., Yang, J., Wang, S., & Branigan, H. P. (2016). The independence of syntactic processing in Mandarin: Evidence from structural priming. *Journal of Memory and Language, 91*, 81–98.

Jaeger, T. F. (2008). Categorical data analysis: Away from ANOVAs (transformation or not) and towards logit mixed models. *Journal of Memory and Language, 59*(4), 434–446.

Kutas, M., & Federmeier, K. D. (2011). Thirty years and counting: finding meaning in the N400 component of the event–related brain potential (ERP). *Annual review of psychology, 62*, 621–647.

Levelt, W. J. M., & Kelter, S. (1982). Surface form and memory in question answering. *Cognitive Psychology, 14*(1), 78–106.

Levelt, W. J. M., Roelofs, A., & Meyer, A. S. (1999). A theory of lexical access in speech production. *Behavioral and Brain Sciences, 22*(1), 1–75.

Mahowald, K., James, A., Futrell, R., & Gibson, E. (2016). A meta–analysis of syntactic priming in language production. *Journal of Memory and Language, 91*, 5–27.

Melinger, A., & Dobel, C. (2005). Lexically–driven syntactic priming. *Cognition, 98*(1), B11–B20.

Pickering, M. J., & Branigan, H. P. (1998). The representation of verbs : Evidence from syntactic priming in language production. *Journal of Memory and Language, 39*(4), 633–651.

Segaert, K., Menenti, L., Weber, K., & Hagoort, P. (2011). A paradox of syntactic priming: Why response tendencies show priming for passives, and response latencies show priming for actives. *PloS one, 6*(10), e24209.

Segaert, K., Weber, K., Claddermicus, M., & Hagoort, P. (2014). The influence of verb–bound syntactic preferences on the processing of syntactic structures. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 40*(5), 1448–1460.

Segaert, K., Wheeldon, L., & Hagoort, P. (2016). Unifying structural priming effects on syntactic choices and timing of sentence generation. *Journal of Memory and Language, 91*, 59–80.

Shao, J. (2004). Semantic Grammar: A Brief Introduction. *Journal of Jinan University (Humanities and Social Sciences), 26*(1), 100–106.

[邵敬敏. (2004). “语义语法” 说略. *暨南学报: 哲学社会科学版, 26*(1), 100–106.]

Xiao, R., Mcenery, T., & Qian, Y. (2006). Passive constructions in English and Chinese : A corpus–based contrastive study. *Languages in Contrast*, 6(1), 109–149.

Yang, C. L., Perfetti, C. A., & Liu, Y. (2010). Sentence integration processes: An ERP study of Chinese sentence comprehension with relative clauses. *Brain and Language, 112*(2), 85–100.

Yang, J., & Zhang, Y. (2007). Syntactic priming in sentence production. *Advances in Psychological Science, 15*(2),

288–294.

[杨洁, 张亚旭. (2007). 句子产生中的句法启动. *心理科学进展, 15*(2), 288–294.]

Yang, Q., & Zhang, Q. (2015). Aging of speech production: behavioral and neural mechanisms. *Advances in Psychological Science, 23*(12), 2072–2084.

[杨群, 张清芳. (2015). 口语产生中的认知年老化及其神经机制. *心理科学进展, 23*(12), 2072–2084.]

Syntactic Structure and Verb Overlap influence the Syntactic Priming Effect in Mandarin Spoken Sentence Production

YU Zhou, ZHANG Qingfang

(*Department of Psychology, Renmin University of China, Beijing* 100872, *China*)

Abstract

In sentence production, syntactic priming, syntactic priming effectrefers to a phenomenon that speakers or writers tend to reuse syntactic structures that they have recently processed, and the repeated syntactic structures elicit shorter sentence production latencies than the novel ones. Different theories have been proposed to account for the syntactic priming effect. Among them, both the Residual Activation Theory and the Implicit Learning Theory aim to address speakers' syntactic choices ratio, but with different theoretical bases on memory and learning, respectively. In addition, the Two-stage Competition Model attempts to explain the syntactic priming in syntactic choices ratio as well as production latencies. Experimental works have demonstrated that syntactic priming stably exists even after excluding the semantic and lexical relevance between the prime sentence and the target sentence, which suggests that syntactic priming actually reflects syntactic processing in sentence production.

In the present study, we explored the cognitive mechanism of syntactic processing in Mandarin spoken sentence production using a syntactic priming paradigm. In this paradigm, participants were firstly instructed to read the prime sentence aloud and then judge whether the sentence's description matched the prime picture. Then, participants were instructed to describe the target picture using the verb at the bottom. The dependent variables included not only the syntactic choices ratio but also the sentence production latencies. In experiment 1, we manipulated syntax structure of the prime sentence (double object dative vs. prepositional object dative) and verb overlap between the prime sentence and the target sentence (no verb overlap vs. verb overlap). In experiment 2, we added a within-subjects factor of lag by manipulating whether the target picture was presented immediately after the prime sentence, or after two or six intervening descriptions (Lag 0 vs. Lag 2 vs. Lag 6).

For the syntactic choices ratio, results indicated that participants produced significantly more double-object sentences following double-object primes than following prepositional-object primes, and the syntactic priming was much stronger in the verb overlapping condition than in the verb non-overlapping condition. Furthermore, we found that the syntactic priming effect persisted when the prime sentence and the target sentence did not share the verb, whereas the lexical boost effect (i.e. a stronger syntactic priming effect caused by the verb overlap between the prime sentence and the target sentence) disappeared after six intervening descriptions. For the sentence production latencies, results indicated that the repetition of syntactic structures significantly speeded up target sentence production. Besides, we found that verb overlap slowed down the sentence production as the lag between primes and targets increased (also known as the lexical suppression effect) only when the syntactic structure was repeated.

Unifying the different findings in the syntactic choices ratio and the production latencies, we

suggest that, apart from the stage where a sentence is planned specifically, sentence production comprises a syntactic construction stage in which speakers map the thematic roles to one structural alternative. These findings are consistent with the Two-stage Competition Model. In methodology, we also suggest that syntactic choices ratio is sensitive to sentence generation process.

Key words sentence production; Two-stage Competition Model; syntactic priming effect; lexical boost effect